

Production of malleable hollow or complete profiles used as blanks for lightweight components comprises hammering and hardening the blank, controlling the degree of deforming blocking agglomeration of atoms, and cooling

Patent number: DE10042864
Publication date: 2002-03-14
Inventor: BAEUERLE OTTO (DE); FEURER ULRICH (CH); REISSNER JOSEF (CH)
Applicant: UMFORMTECHNIK BAUERLE GMBH (DE)
Classification:
- **International:** C21D7/02; C21D10/00; C21D9/00; B21J5/06
- **European:** B21J5/00; C21D7/00; C21D8/00
Application number: DE20001042864 20000830
Priority number(s): DE20001042864 20000830

Report a data error here

Abstract of DE10042864

Production of malleable hollow or complete profiles comprises: (i) hammering and hardening the blank at 200-500 deg C below the crystallization temperature of the selected material; (ii) controlling the degree of deforming and the required strength by measuring and regulating the deformation forces and the temperature; (iii) blocking agglomeration of atoms; and (iv) cooling the treated blank to room temperature to achieve an increase in strength which is higher than the increase in strength by hammering at room temperature. Preferred Features: A steel of the type Cm43 is used to produce a goal strength of 1000-1100 MPa. The temperature is measured and regulated using temperature sensors, such as thermal elements or IR sensor.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 100 42 864 A 1**

⑤① Int. Cl.⁷:
C 21 D 7/02
C 21 D 10/00
C 21 D 9/00
B 21 J 5/06

⑳ Aktenzeichen: 100 42 864.9
㉒ Anmeldetag: 30. 8. 2000
㉔ Offenlegungstag: 14. 3. 2002

DE 100 42 864 A 1

㉑ **Anmelder:**
Umformtechnik Bauerle GmbH, 73560 Böbingen,
DE

㉓ **Vertreter:**
Kassner, K., Dipl.-Jur. Pat.-Ing., Pat.-Anw., 12161
Berlin

㉒ **Erfinder:**
Bäuerle, Otto, 73447 Oberkochen, DE; Feurer,
Ulrich, Dr., Zürich, CH; Reissner, Josef, Prof. Dr.,
Brugg, CH

⑤⑤ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:**
DE 15 08 400 A
CH 2 97 917
DE-AN: Sch 4972/18c v. 13.10.1950;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Verfahren zur Herstellung gehämmelter Hohl- und/oder Vollprofile und danach hergestellte Rohlinge
- ⑤⑦ Durch eine Kombination optimal zu wählender Prozeßbedingungen beim Hämmern von Hohl- und/oder Vollprofilen wird eine deutlich höhere Festigkeit erzielt, wenn verfahrensgemäß die Schritte
- a) Hämmern und Verfestigen des Rohlings im Temperaturbereich zwischen 200°C und 500°C, d. h. in einem Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationstemperatur des jeweils gewählten Werkstoffes,
 - b) gleichzeitige Kontrolle des Umformgrades und der gewünschten Festigkeit durch Messung und Regelung der Umformkräfte und Temperaturen,
 - c) unter Berücksichtigung der dabei entstehenden Umformwärme Einwirkung auf eine Blockierung von Versetzungen im Werkstoffgefüge, wobei einerseits sich die Versetzungen gegenseitig blockieren und andererseits zusätzlich durch entstehende Agglomerationen von Atomen blockiert werden und
 - d) abschließendes Abkühlen des so behandelten Rohlings auf Raumtemperatur zur Erreichung einer Festigkeitserhöhung, die größer ist als die Festigkeitserhöhung durch Hämmern bei Raumtemperatur, eingehalten werden.

DE 100 42 864 A 1

BEST AVAILABLE COPY

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung gehämmelter Hohl- und/oder Vollprofile aus Stahl, welche u. a. als Rohlinge für Leichtbaukomponenten mit höherer Festigkeit Verwendung finden.

[0002] Der Einsatz derartiger Profile stellt hohe Anforderungen an die Festigkeit des Endproduktes, damit geforderte Gewichtsreduktionen z. B. im Fahrzeugbau erzielt werden können.

[0003] Es ist allgemein bekannt, Hohl- und/oder Vollprofile aus Stahl durch Kaltschmieden, wie Hämmern, bei Raumtemperaturen zu verfestigen.

[0004] Bei der Kaltverfestigung von Metallen wird ein Anstieg der Festigkeit durch Versetzungen (Gitterfehler) im Gefüge erzielt, welche sich gegenseitig blockieren oder durch andere Gitterfehler blockiert werden. Die damit verbundene verringerte Duktilität tritt zwangsläufig auf und kann durch nachfolgendes Glühen nur mit gleichzeitigem Festigkeitsverlust beseitigt werden.

[0005] Durch Hämmern bei Raumtemperaturen können bei Standard-Stahlsorten mittels dieser Kaltverfestigung wesentliche Festigkeitserhöhungen erzielt werden, wie z. B. bei der Stahlsorte Cm43 eine Zugfestigkeit bis zu 900 MPa ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ Megapascal} = 1 \text{ N/mm}^2$). Würde diese Stahlsorte durch Warmumformung bei Temperaturen oberhalb der Rekristallisationstemperatur von ca. 600–700°C verfestigt, sind die erreichten Festigkeiten deutlich niedriger z. B. ca. 650 MPa.

[0006] Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, durch eine Kombination optimal zu wählender Prozeßbedingungen, wie Temperatur des zu verfestigenden Rohlings und Umformgrad durch das Hämmern, eine zusätzliche Festigkeitserhöhung zu erzielen, so daß die erreichte Festigkeit deutlich über derjenigen einer Kaltverfestigung bei Raumtemperatur, wie z. B. oben beschrieben, liegt. Danach können dann negative Einflüsse auf die Duktilität des Rohlings weitgehend hingenommen werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird dies dadurch gelöst, daß die Hohl- und/oder Vollprofile aus Stahl den nachfolgenden Verfahrensschritten unterzogen werden.

[0008] Zunächst erfolgt das Hämmern und Verfestigen des Rohlings im Temperaturbereich zwischen 200°C und 500°C, d. h. in einem Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationstemperatur des jeweiligen Werkstoffs. Dabei wird gleichzeitig durch Messung und Regelung der Umformkräfte und Temperaturen der Umformgrad und die gewünschte Verfestigung kontrolliert.

[0009] Durch die gleichzeitige Kontrolle des Umformgrades und der Umformtemperatur, unter Berücksichtigung der entstehenden Umformwärme, wird auf die Blockierung der Versetzungen eingewirkt, indem sich die Versetzungen einerseits gegenseitig blockieren und andererseits zusätzlich durch entstehende Ausscheidungen oder Agglomerationen von Atomen blockiert werden. Dies kann u. a. durch einen optimalen Gehalt an frei beweglichen Stickstoffatomen erreicht werden, indem stickstoffabbindende Elemente, wie Aluminium, in ihrem Gehalt limitiert werden. Schließlich erfolgt die Abkühlung auf Raumtemperatur, um danach, z. B. bei der Stahlsorte Cm43, eine Festigkeit von ca. 1000–1100 MPa zu erzielen, die größer ist als die Festigkeit durch Hämmern dieser Stahlsorte bei Raumtemperatur.

[0010] Entscheidend für diesen überraschenden Effekt ist, daß bei den einzelnen Verformungsprozeßschritten stets der jeweilige Gefügezustand hinsichtlich der Parameter Umformgrad, Temperatur, Verformungskräfte, Ablauf der Ausscheidungsvorgänge und der Blockierung von Versetzungen unter Kontrolle ist und die daraus resultierenden Einzelwir-

kungen zu einem einheitlichen Gesamteffekt verschmelzen, nämlich eine größere Festigkeitserhöhung als durch Verformen mittels Hämmern bei Raumtemperatur.

[0011] Zweckmäßigerweise erfolgt die Messung und Regelung der Temperatur und Verformungskräfte beim Hämmern durch geeignete Temperatursensoren (Thermoelemente, Infrarotsensoren etc.) und durch Dehnungs- oder Kraftmaßsensoren (Dehnmeßstreifen, Piezoquarzsensoren etc.) sowie durch entsprechendes Vorwärmen der Rohlinge u. a. durch Strahlungserwärmungs- oder Induktionserhitzungsanlagen, gekoppelt mit entsprechenden Kühleinrichtungen in der Hämmerschmaschine, um ein starkes Ansteigen der Temperatur (erzeugt durch die Umformwärme) in der Umformzone zu vermeiden.

[0012] Die erfindungsgemäßen Zusammenhänge bezüglich der Verfestigung durch Blockierung von Versetzungen sind so zu erläutern:

Versetzungen sind Gitterfehler, welche für die Verformung von Metallen durch Gleitung im Gefüge notwendig sind. Mit zunehmendem Umformgrad (Querschnittsreduktion beim Hämmern) können sich die Versetzungen gegenseitig blockieren oder sie werden an anderen Gitterfehlern (Ausscheidungen, Korngrenzen etc.) blockiert, was mit einer Festigkeitserhöhung verbunden ist.

[0013] Bei erhöhter Temperatur können gewisse Atome, welche sich bevorzugt auf Zwischengitterplätzen befinden, z. B. Stickstoff, besser diffundieren, d. h. sie sind beweglicher als bei Raumtemperatur. Aus energetischen Gründen sammeln sie sich bevorzugt im Bereich von Versetzungen an. Bei erhöhter Temperatur können sie sich während der Verformung mit diesen bewegen, so daß sie nach dem Prozeßschritt und nach der Abkühlung die Versetzungen durch ihre Anwesenheit als Atomagglomerate zusätzlich blockieren, was mit der zusätzlichen Festigkeitserhöhung verbunden ist. Einen ähnlichen Effekt können Ausscheidungen haben, welche aus energetischen Gründen bevorzugt bei der Umformung im Bereich der Versetzungen gebildet werden und diese ebenfalls (nach Abkühlung) zusätzlich blockieren.

[0014] Mit entscheidend für den erfindungsgemäßen Erfolg sind die Maßnahmen, den Gehalt an frei beweglichem Stickstoff möglichst hoch zu erhalten. Dazu müssen Elemente, welche den Stickstoff durch Verbindungsbildung abbinden, z. B. Aluminium, Vanadium, Niob etc. in ihrem Gehalt begrenzt werden. Bezogen auf Aluminium erfordert dies einen Stahl, welcher nicht durch Schmelzebehandlung mit Aluminium desoxidiert (beruhigt) worden ist.

[0015] Die Erfindung wird nachstehend an einem Beispiel beschrieben.

[0016] Ein zugeschnittenes Halbfabrikat aus Hohlprofil und mit der Stahlqualität Cm43 soll zu einem Rohling für ein Zahnstangenwerkstück durch Hämmern umgeformt werden, welches für eine Zahnstangenlenkung eines Automobils bestimmt ist.

[0017] Verfahrensgemäß erfolgt das Hämmern und Verfestigen des Rohlings im Temperaturbereich zwischen 200°C und 500°C bzw. in einem Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationstemperatur des Werkstoffs Cm43. Gleichzeitig werden durch Messung und Regelung der Umformkräfte und Temperaturen der Umformgrad und die Verfestigung kontrolliert. Die Messung und Regelung der Temperatur wird mittels Infrarotsensoren und die der Verformungskräfte durch Dehnmeßstreifen realisiert.

[0018] Durch diese gleichzeitige Kontrolle des Umformgrades und der Umformtemperatur, unter Berücksichtigung der entstehenden Umformwärme entsprechend der gewählten Stahlqualität Cm43, wird dabei auf die Blockierung der Versetzungen im Gefüge so eingewirkt, daß sich einerseits die Versetzungen gegenseitig blockieren und andererseits

zusätzlich Agglomerationen von Atomen blockiert werden. In diesem Fall wird dies durch einen optimalen Gehalt an frei beweglichen Stickstoffatomen erreicht, indem stickstoffbindendes Aluminium in seinem Gehalt im Gefüge limitiert ist. Nach der Abkühlung des so behandelten Rohlings auf Raumtemperatur wird erreicht, daß bei der verwendeten Stahlsorte Cm43 die Festigkeit ca. 1000–1100 MPa beträgt, die somit größer ist als die Festigkeit durch Hämmern dieser Stahlsorte bei Raumtemperatur.

[0019] Zur Erhöhung des Kontrolleffektes über den temperaturabhängigen Prozeßablauf ist es auch möglich, die Hämmemaschine mit entsprechenden Zusatzeinrichtungen zum Vorwärmen, wie durch Strahlungserwärmung oder Induktionserhitzung, gekoppelt mit Kühleinrichtungen zu versehen. Somit kann ein zu starkes Ansteigen der durch die Umformwärme erzeugten Temperatur vermieden werden.

[0020] Der so mit höherer Festigkeit erzeugte Rohling kann dann der üblichen weiteren technologischen Bearbeitung unterzogen werden, um das fertige Zahnstangenwerkstück als Leichtbauelement mit erhöhter Festigkeit für die Zahnstangenlenkung einzusetzen.

[0021] Die Erfindung eröffnet weit über das vorgestellte Ausführungsbeispiel hinaus ein breites Anwendungsfeld dort, wo es darauf ankommt, hoch beanspruchte Leichtbauelemente mit erhöhter Festigkeit verwenden zu müssen, um letztlich die geforderten Gewichtsreduktionen des Endproduktes zu erfüllen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung gehämmelter Hohl- und/oder Vollprofile als Rohlinge für Leichtbaukomponenten durch kombiniertes Warm-/Kaltbehandeln zur Erzielung von über einer Kaltverfestigung liegenden Festigkeit, **gekennzeichnet durch** die Verfahrensschritte
 - a) Hämmern und Verfestigen des Rohlings im Temperaturbereich zwischen 200°C und 500°C, d. h. in einem Temperaturbereich unterhalb der Rekristallisationstemperatur des jeweils gewählten Werkstoffes,
 - b) gleichzeitige Kontrolle des Umformgrades und der gewünschten Festigkeit durch Messung und Regelung der Umformkräfte und Temperaturen,
 - c) unter Berücksichtigung der dabei entstehenden Umformwärme Einwirkung auf eine Blockierung von Versetzungen im Werkstoffgefüge, wobei einerseits sich die Versetzungen gegenseitig blockieren und andererseits zusätzlich durch entstehende Agglomerationen von Atomen blockiert werden und
 - d) abschließendes Abkühlen des so behandelten Rohlings auf Raumtemperatur zur Erreichung einer Festigkeitserhöhung, die größer ist als die Festigkeitserhöhung durch Hämmern bei Raumtemperatur.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch Ausscheidungen, welche die Versetzungen gemäß dem Verfahrensschritt c) zusätzlich blockieren.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Gehalt an frei beweglichen Stickstoffatomen optimiert wird, indem stickstoffabbindende Elemente, wie Aluminium, in ihrem Gehalt limitiert werden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei Verwendung einer Stahlsorte Cm43 die erreichte Festigkeit ca. 1000–1100 MPa beträgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung und Regelung der Temperatur durch Temperatursensoren, wie Thermoelemente oder Infrarotsensoren, erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung und Regelung der Verformungskräfte durch Dehnungs- oder Kraftmeßsensoren, wie Dehnmaßstreifen oder Piezoquarzsensoren, erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß während des Hämmerns die zu bearbeitenden Rohlinge durch Strahlung oder Induktion vorgewärmt und damit gekoppelt gekühlt werden, um den Anstieg der durch die Umformungswärme erzeugten Temperatur in der Umformzone zu kontrollieren.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Verfestigung durch Blockierung von Versetzungen wie folgt abläuft:

- a) Erzeugung von Gitterfehlern, welche bei der Verformung durch Gleitung im Gefüge entstehen,
- b) gegenseitige Blockierung der Versetzungen im Gefüge mit zunehmendem Umformgrad und gleichzeitiger Querschnittsreduktion beim Hämmern, wie Stickstoff, bei erhöhter Temperatur, wodurch diese Atome beweglicher sind als bei Raumtemperatur und energetisch bedingte Ansammlung dieser Atome bevorzugt im Bereich der Versetzungen, wodurch die Atome sich während der Verformung mit den Versetzungen bewegen und
- d) danach zusätzliche Blockierungen der Versetzungen nach der Abkühlung durch die Anwesenheit der Atome als Agglomerate.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß anstelle einer Agglomeration von Atomen Ausscheidungen aus energetischen Gründen bei der Umformung im Bereich der Versetzungen gebildet werden, die die Versetzungen zusätzlich blockieren.

10. Gehämmertes Hohl- und/oder Vollprofil als Rohling für Leichtbaukomponenten, hergestellt nach dem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Rohling aus einem Werkstoff der Stahlsorte Cm43 besteht, eine Zugfestigkeit im Bereich von 1000–1100 MPa aufweist und die Gefügestruktur des Rohlings durch blockierte Versetzungen und zusätzliche Blockierung von Versetzungen durch Atomagglomeration oder Ausscheidungen gebildet ist.